

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-164715  
(P2000-164715A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

Jc931 U.S. PTO  
09/702831  
11/01/00

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード (参考)
H 0 1 L 21/768		H 0 1 L 21/90	A 4 M 1 0 4
21/28		21/28	C 4 M 1 0 6
			L 5 F 0 0 4
21/3065		21/66	Y 5 F 0 3 3
21/66		21/302	E

審査請求 有 請求項の数16 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-340636

(22) 出願日 平成10年11月30日 (1998. 11. 30)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 山田 恵三

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100086759

弁理士 渡辺 喜平

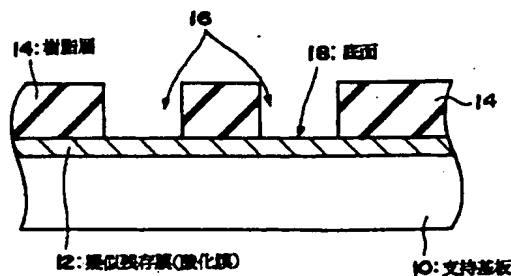
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンタクトホール検査用標準試料、その製造方法およびコンタクトホール検査方法

(57) 【要約】

【課題】 コンタクトホールの底面の残存膜厚を容易に求めるための技術の提供。

【解決手段】 支持基板10上に、膜厚が既知のシリコン酸化膜からなる擬似残存膜12と、感光性樹脂を硬化処理した樹脂層14とを順次に積層し、この樹脂層14に、当該樹脂層を貫通する開口部16を設けたコンタクトホール検査用標準試料とし、標準試料と検査対象のコンタクトホールとの二次電子像のコントラストを比較することにより、不良コンタクトホール底面の残存膜厚を評価する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 支持基板上に、膜厚が既知の擬似残存膜と、感光性樹脂を硬化処理した樹脂層とを順次に積層し、

前記樹脂層に、当該樹脂層を貫通する開口部を設けたことを特徴とするコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項2】 前記擬似残存膜の材料を、検査対象のコンタクトホールの底面に残存した残存膜の材料と同一としたことを特徴とする請求項1記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項3】 前記開口部の平面寸法およびアスペクト比を、検査対象のコンタクトホールの平面寸法およびアスペクト比と同一としたことを特徴とする請求項1記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項4】 前記擬似残存膜を、前記支持基板上の一部分にのみ設け、当該擬似残存膜の形成領域および非形成領域において、前記感光性樹脂にそれぞれ開口部を設けたことを特徴とする請求項1、2又は3記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項5】 前記樹脂層の誘電率を、検査対象のコンタクトホール被形成層の誘電率と等しくしたことを特徴とする請求項1、2、3又は4記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項6】 前記支持基板に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持基板に形成された不純物拡散層と、不純物種類および不純物濃度が同一の不純物拡散層を設けたことを特徴とする、請求項1、2、3、4又は5記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項7】 前記支持基板の一部分に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持基板に形成されたウェルと、不純物種類および不純物濃度が同一のウェルを設けたことを特徴とする、請求項1、2、3、4、5又は6記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項8】 前記支持基板を、SOI（シリコン・オン・インシュレータ）基板としたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項9】 前記支持基板の裏面に、絶縁膜を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7又は8記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項10】 前記開口部の平面分布密度が互いに異なるように、複数の前記開口部を前記樹脂層に不均一に配置したことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項11】 前記樹脂層に、互いに異なるアスペクト比を有する複数の開口部を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9又は10記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項12】 前記コンタクトホール検査用標準試料

ごとに、前記樹脂層の層厚が異なることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又は11記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項13】 前記支持基板と前記擬似残存膜との間に導電性膜を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13記載のコンタクトホール検査用標準試料。

【請求項14】 前記樹脂層の下に、膜厚が既知のフルオロカーボン膜を設けたことを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12又は13記載のコンタクトホール検査用標準試料。

## 【製造方法】

【請求項15】 支持基板上に、膜厚が既知の擬似残存膜を形成する工程と、

前記擬似残存膜上に、感光性樹脂を塗布して塗布膜を形成する工程と、

前記塗布膜の一部分を選択的に硬化処理して、当該樹脂層を貫通する開口部を有する樹脂層を形成する工程とを含むことを特徴とするコンタクトホール検査用試料の製造方法。

## 【検査方法】

【請求項16】 請求項1記載のコンタクトホール検査用試料を用いてコンタクトホールの検査を行うにあたり、

前記コンタクトホール検査用試料の開口部に電子ビームを照射して、当該開口部から放出される二次電子電流値または当該開口部直下の支持基板へ流れる貫通電流値と、当該開口部の底面に形成された擬似残存膜の膜厚とを対応づけた対照テーブルを作成しておき、

検査対象のコンタクトホールに電子ビームを照射して、前記二次電流値または前記貫通電流値を測定し、前記二次電子電流値または前記貫通電流値に基づき、前記対照テーブルを参照して、当該コンタクトホールの底面に残存した残存膜の膜厚を評価することを特徴とするコンタクトホール検査方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体デバイスに形成されたコンタクトホールの検査にあたり、コンタクトホールの底面に残存した残存膜の膜厚を評価するための標準試料、その製造方法、および、その標準試料を用いた検査方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 コンタクトホールは、半導体デバイスの支持基板等上に形成された厚さ数千Åの絶縁膜等に穴を開いた構造である。そして、コンタクトホールは、通常、RIE法（反応性イオンエッチング法）等のエッチングによって形成される。エッチングで形成されるコンタクトホールは、しばしば完全な開口とはならない。その結果、本来絶縁膜等の表面から支持基板表面まで貫通

すべきコンタクトホール底面に絶縁膜等が残ることがある。

【0003】このため、形成されたコンタクトホールの開口の様子を非破壊で検査する、非破壊コンタクトホール開口検査装置が開発されている。この装置によるコンタクトホールの検査では、装置の真空チャンバに載置された検査対象の半導体デバイスのコンタクトホールに、図17に示すように、電子ビームEBを照射する。電子ビームEBが照射された部分は、二次電子を放出する。そして、この二次電子を二次電子検出器で検出して、二

次電子像を観察する。

【0004】電子ビームの加速電圧が1kV程度の場合、この二次電子のエネルギーは、高々数eV（エレクトロンボルト）である。そして、このエネルギーの大きさは、電子ビームを照射した部分の材料の仕事関数によって決まる。

【0005】さらに、この二次電子の放出効率、すなわち、二次電子が二次電子検出器に到達して検出されるか否かは、電子ビームの照射部分の表面電位で主に決まる。例えば、図17に示すように、コンタクトホール42が絶縁膜を貫通し、その底面に支持基板10が露出している場合と、エッチングが不十分でコンタクトホール42の底面に残存膜44が残存している場合とでは、コンタクトホール42の底面の電位が異なる。その結果、開口が十分なコンタクトホール42と、開口が不十分な不良コンタクトホールとでは、底面から放出される二次電子の放出効率が異なるため、二次電子像におけるコントラストが異なる。

【0006】例えば、検査対象の半導体デバイスの裏面を接地した場合、下地の支持基板が露出しているコンタクトホールの底面は、二次電子像において黒く見える。これに対して、底面に残存膜が残存しているコンタクトホールの底面は、二次電子像において白く見える。従って、残存膜の有無によって、画像のコントラストに差が生じるので、残存膜の有無を検出することができる。すなわち、残存膜の有無の定性的な判断をすることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】エッチングによりコンタクトホールを開口するにあたっては、コンタクトホールの底面に下地の支持基板が露出した直後に、エッチングを停止することが望ましい。コンタクトホール貫通後もエッチングを継続すると、下地基板に与えるダメージが大きくなるからである。そこで、被エッチング層を正確に貫通し、かつ、下地基板のダメージを最小にしてコンタクトホールを形成する最適なエッチング条件（エッチング時間など）を求めるためには、コンタクトホールの底面に残存膜が残った場合に、その残存膜の膜厚を測定することが必要となる。

【0008】しかしながら、従来、二次電子像では、残

存膜の有無は検出できても、残存膜の厚さを測定することができなかった。このため、従来は、二次電子像を観察して不良コンタクトホールを検出した後、その不良コンタクトホールの残存膜厚を測定するため、さらにコンタクトホールの断面TEM（透過型電子顕微鏡）像を観察する必要があった。その結果、従来は、残存膜厚を測定するのに、多大な時間を要していた。

【0009】その上、断面TEM像を観察するための試料を用意するには、FIB（フォーカスド・イオン・ビーム（FOCUSED ION BEAM））を用いるなど高度な技術が必要とされる。さらに、TEMの観察範囲は、二次電子像の観察範囲に比べて極めて狭い。このため、二次電子像で発見された全ての不良コンタクトホールの残存膜厚を測定することは極めて困難であった。

【0010】本発明は、上記の問題を解決すべくなされたものであり、コンタクトホール底面の残存膜厚を容易に求めるための技術の提供を目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この目的の達成を図るため、この出願にかかる発明者は、種々の実験および検討を重ねた結果、二次電子像におけるコンタクトホールの底面のコントラストが、残存膜の厚さによって異なる事実に着目した。そして、二次電子像におけるコンタクトホール底面のコントラストを、残存膜厚が既知である標準試料のコントラストと比較すれば、残存膜の有無だけでなく、残存膜厚も容易に測定できることに想到した。

【0012】ところが、残存膜の厚みは、通常、数Å～数百Åと非常に薄い。そのため、意図的に、残存膜厚をこの数Å～数十Åの厚さに正確に制御してエッチングを行うことは極めて困難である。このため、残存膜厚がエッチングにより制御された標準試料を形成することは事実上不可能であった。そこで、この発明者は、膜厚を制御できる標準試料として、支持基板表面に既知の膜厚の擬似残存膜を成膜した平面板を標準試料とすることを考え付いた。

【0013】しかしながら、二次電子の電流値は、残存膜厚だけでなく、コンタクトホールの形成された半導体デバイスの表面形状の影響を受ける。例えば、底面から放出された二次電子は、コンタクトホールの側壁に吸収されたり、コンタクトホールの内部の複雑な電界の影響を受ける。このため、平面板の標準試料と、実際のコンタクトホールの残存膜とでは、膜厚が同じであっても、二次電子像のコントラストが異なってしまう。従って、平面板を標準試料としても、残存膜厚を正確に測定することは困難である。

【0014】このため、この発明者は、更なる検討および実験を重ねた結果、擬似残存膜状に、光感応性樹脂を用いて、コンタクトホールに相当する開口部を設けた樹脂層を積層すれば、実際のコンタクトホールと同様の二次電子像のコントラストが得られることに想到した。

【0015】（標準試料）そこで、本発明の請求項1記載のコンタクトホール検査用標準試料によれば、支持基板上に、膜厚が既知の擬似残存膜と、感光性樹脂を硬化処理した樹脂層とを順次に積層し、樹脂層に、当該樹脂層を貫通する開口部を設けた構成としてある。

【0016】このように、本発明の請求項1記載のコンタクトホール検査用標準試料によれば、エッチングにより擬似残存膜を形成するのではなく、膜厚が既知の擬似残存膜を支持基板上に形成し、その上に、コンタクトホールに相当する開口部を有する樹脂層を、感光性樹脂を硬化処理することにより形成した構成を有する。

【0017】このため、結果的にエッチングによってコンタクトホールの底面に厚みが既知の残存膜が残ったのと同じ構造とすることができる。その結果、二次電子像において、標準試料の開口部のコントラストと、検査対象のコンタクトホールのコントラストとを比較して、残存膜厚を容易に求めることができる。また、標準試料の貫通電流値と検査対象の貫通電流とを比較することによっても、残存膜厚を容易に求めることができる。

【0018】なお、感光性樹脂を用いれば、擬似残存膜を傷めることなく、開口部のパターニングをすることができる。このため、例えば数 $\mu\text{m}$ という非常に薄い擬似残存膜に事実上ダメージを与えることなく、その上に、任意のアスペクト比の開口部を有する樹脂層を形成することができる。

【0019】また、開口部寸法の微細加工の限界は単純にリソグラフィの限界で決定される。一方、検査対象のコンタクトホール寸法の微細加工限界もリソグラフィの微細加工限界によって決定される。従って、コンタクトホールの寸法が微少であっても、標準試料の開口部の寸法を、検査対象のコンタクトホールの寸法と原則的に同一とすることができる。

【0020】また、請求項2では、擬似残存膜の材料を、検査対象のコンタクトホールの底面に残存した残存膜の材料と同一とした構成としてある。このように、請求項2記載の発明によれば、検査対象のコンタクトホールの底面に実際に形成される残存膜と等しい材料で、厚みが既知の擬似残存膜を形成するので、二次電子像におけるコントラストおよび貫通電流値を、実際のコンタクトホール底面のコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、残存膜の膜厚をより正確に評価することができる。

【0021】また、請求項3では、残存膜の開口部の平面寸法およびアスペクト比を、検査対象のコンタクトホールの平面寸法およびアスペクト比と同一とした構成としてある。このように、請求項3記載の発明によれば、検査対象のコンタクトホールの形状と同じ形状で標準試料を形成するので、二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、実際のコンタクトホール底面のコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。そ

の結果、半導体デバイスの表面形状によらずに、残存膜の膜厚をより正確に評価することができる。

【0022】また、請求項4では、擬似残存膜を、支持基板上の一部分にのみ設け、当該擬似残存膜の形成領域および非形成領域において、感光性樹脂にそれぞれ開口部を設けた構成としてある。このように、請求項4記載の発明によれば、一つの標準試料に、擬似残存膜がある開口部と、擬似残存膜がない開口部とを設けている。このため、一つの標準試料で、開口が完全な場合と不完全な場合とのコントラストを得ることができる。

【0023】また、実際の半導体デバイスのコンタクトホール被形成層（残存膜と同じ材料）の電気的特性と、樹脂層の電気的特性とは、通常異なっている。特に、電気的特性のうち、誘電率は、通常、樹脂層の値が、コンタクトホール被形成層の値よりも大きくなっている。そして、樹脂層の電気的特性の違いによって、二次電子像のコントラストや貫通電流値が異なることがある。

【0024】そこで、請求項5記載の発明では、樹脂層の誘電率を、検査対象のコンタクトホール被形成層の誘電率と等しくした構成としてある。このように、請求項5記載の発明によれば、樹脂層の誘電率を実際のコンタクトホール被形成層の誘電率とを等しくしたので、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0025】また、実際の半導体デバイスにおいて、コンタクトホールの底面に露出すべき下地には、不純物拡散層が形成されていることが多い。そして、不純物拡散層の有無によって、二次電子像のコントラスト及び貫通電流値が異なることがある。

【0026】そこで、請求項6では、支持基板に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持基板に形成された不純物拡散層と、不純物種類および不純物濃度が同一の不純物拡散層を設けた構成としてある。このような構成としたので、請求項6記載の発明によれば、検査対象の半導体デバイスの支持基板に不純物拡散層が設けられていても、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0027】また、実際の半導体デバイスにおいて、コンタクトホールの底面に露出すべき下地には、ウエルが部分的に形成されていることが多い。そして、コンタクトホール形成位置のウエルの有無によって、二次電子像のコントラスト及び貫通電流値が異なることがある。

【0028】そこで、請求項7では、支持基板の一部分に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持

基板に形成されたウェルと、不純物種類および不純物濃度が同一のウェルを設けた構成としてある。このような構成としたので、請求項7記載の発明によれば、検査対象の半導体デバイスの支持基板のコンタクトホール直下にウェルが設けられている場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0029】また、実際の半導体デバイスにおいて、コンタクトホールの底面に露出すべき下地基板として、S O I基板が用いられることが多くなっている。そして、支持基板がS O I基板である場合とない場合とで、二次電子像のコントラスト及び貫通電流値が異なることがある。

【0030】そこで、請求項8では、支持基板を、S O I（シリコン・オン・インシュレータ）基板としたことを特徴としてある。このような構成としたので、請求項8記載の発明によれば、検査対象の半導体デバイスの支持基板がS O I基板である場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0031】また、実際の半導体デバイスにおいては、基板の裏面側に絶縁膜が設けられているものがある。このような半導体デバイスに電子ビームを照射した場合、裏面側の絶縁膜の有無によって、二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値が異なる場合がある。

【0032】そこで、請求項9では、支持基板の裏面に、絶縁膜を設けた構成としてある。このように、請求項9記載の発明によれば、支持基板の裏面に絶縁膜を設けたので、検査対象の半導体デバイスに裏面絶縁膜が設けられている場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値により近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0033】また、実際の半導体デバイスにおいては、コンタクトホールは、様々な間隔で設けられている。このため、コンタクトホールの平面分布密度は、様々なものである。そして、二次電子像におけるコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値は、コンタクトホールの平面分布密度によって異なることがある。

【0034】そこで、請求項10では、開口部の平面分布密度が互いに異なるように、複数の前記開口部を前記樹脂層に不均一に配置した構成としてある。このように、請求項10記載の発明によれば、種々の平面分布密度で開口部を設けてあるので、検査対象のコンタクトホールの平面分布密度と同じ分布密度の開口部を選択して

標準試料のコントラストとすることができ、その結果、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。このため、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0035】また、実際の半導体デバイスにおいては、様々なアスペクト比のコンタクトホールが設けられている。そして、二次電子像におけるコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値は、コンタクトホールのアスペクト比によって異なることがある。

【0036】そこで、請求項11では、樹脂層に、互いに異なるアスペクト比を有する複数の開口部を設けた構成としてある。このように、請求項11記載の発明によれば、種々のアスペクト比の開口部を設けてあるので、検査対象のコンタクトホールのアスペクト比と同じアスペクト比の開口部を選択して標準試料のコントラストとすることができる。その結果、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。このため、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0037】また、実際の半導体デバイスにおいては、様々なアスペクト比のコンタクトホールが設けられている。そして、二次電子像におけるコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値は、コンタクトホールのアスペクト比によって異なることがある。

【0038】そこで、請求項12では、コンタクトホール検査用標準試料ごとに、樹脂層の層厚が異なる構成としてある。このように、請求項12記載の発明によれば、樹脂層の厚さを調節することによってアスペクト比の開口部を形成してある。その結果、樹脂層の厚さを制御すれば、共通のマスクパターンを用いて、互いに異なる何種類もアスペクト比の開口部を形成することができる。

【0039】また、実際の半導体デバイスにおいては、配線金属の上にコンタクトホールが形成される。そして、二次電子像におけるコンタクトホールのコントラスト及び貫通電流値は、コンタクトホールの底面の配線金属の有無によって異なることがある。

【0040】そこで、請求項13では、支持基板と擬似残存膜との間に導電性膜を設けた構成としてある。このように、請求項13記載の発明によれば、導電性膜を設けてあるので、標準試料の二次電子像におけるコントラスト及び貫通電流値を、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。このため、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0041】ところで、R I Eによりコンタクトホールを形成した場合、コンタクトホール内部（底面や壁面）

10

20

30

40

50

にフルオロカーボンが付着する。フルオロカーボンは、エッチング特性に影響を与える。このため、最適なエッチング条件を得るためには、フルオロカーボンの膜厚も知ることが重要である。

【0042】そこで、請求項14では、樹脂層の下に、膜厚が既知のフルオロカーボン膜を設けた構成としてある。このように、請求項14記載の発明では、樹脂層下に、膜厚が既知のフルオロカーボン膜を形成してあるので、コンタクトホール底面のフルオロカーボン膜厚の評価も行うことができる。また、フルオロカーボン膜の下

の残存膜の厚さの評価も行うことができる。

【0043】（標準試料の製造方法）また、本発明の請求項15記載のコンタクトホール検査用標準試料の製造方法によれば、支持基板上に、膜厚が既知の擬似残存膜を形成する工程と、擬似残存膜上に、感光性樹脂を塗布して塗布膜を形成する工程と、塗布膜の一部分を選択的に硬化処理して、当該樹脂層を貫通する開口部を有する樹脂層を形成する工程とを含む方法としてある。

【0044】このように、請求項15記載の発明によれば、支持基板上に、厚みが既知の擬似残存膜を形成し、その上に、開口部を有する樹脂層を形成する。このため、エッチングによってコンタクトホールの底面に厚みが既知の残存膜が残ったのと同じ構造を有する標準試料を容易に製造することができる。そして、製造された標準試料を用いることにより、コンタクトホールの残存膜厚を容易に評価することができる。

【0045】（検査方法）また、本発明の請求項16記載のコンタクトホール検査方法によれば、請求項1記載のコンタクトホール検査用試料を用いてコンタクトホールの検査を行うにあたり、コンタクトホール検査用試料の開口部に電子ビームを照射して、当該開口部から放出される二次電子電流値または当該開口部直下の支持基板へ流れる貫通電流値と、当該開口部の底面に形成された擬似残存膜の膜厚とを対応づけた対照テーブルを作成しておき、検査対象のコンタクトホールに電子ビームを照射して、当該コンタクトホールから放出される二次電子電流または貫通電流値を測定し、コンタクトホールから放出された二次電子電流値または貫通電流値に基づき、対照テーブルを参照して、当該コンタクトホールの底面に残存した残存膜の膜厚を評価する方法としてある。

【0046】このように、請求項16記載の発明によれば、断面TEMによる残存膜厚みの測定作業を全く必要とせず、厚みの既知である標準試料を予め作っておき、標準試料の開口部の二次電子像のコントラストまたは貫通電流値と、検査対象のコンタクトホールのコントラストまたは貫通電流値とを比較することにより、コンタクトホールの残存膜厚を容易に評価することができる。

【0047】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明

の実施の形態について説明する。なお、参照する図面中の断面図においては、開口部の正面の壁面の図示を省略し、切り口部分のみを示す。

【第1の実施形態】第1の実施形態では、本発明のコンタクトホール検査用標準試料、その製造方法および検査方法の一例についてあわせて説明する。

【0048】まず、図1を参照して、第1実施形態の標準試料の構成について説明する。図1は、第1実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。図1に示すように、第1の実施形態の標準試料は、支持基板10上に、膜厚が既知の擬似残存膜12と、感光性樹脂を硬化処理した樹脂層14とを順次に積層し、樹脂層14に、当該樹脂層を貫通する開口部16を設けた構成としてある。

【0049】この支持基板10の材料は、検査対象の半導体デバイスの支持基板と同じ材料であることが望ましい。この実施形態では、支持基板10として、単結晶シリコン基板を用いる。なお、支持基板の材料としては、単結晶シリコンの他に、例えば、ポリシリコン、ガラス、石英又はサファイアが用いられることが多い。

【0050】また、この擬似残存膜12も、検査対象の半導体デバイスのコンタクトホールの残存膜と同一材料であることが望ましい。この実施形態では、擬似残存膜12として、シリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )膜を形成している。

【0051】また、樹脂層の厚さは、検査対象のコンタクトホールの開口部分の深さに対応する厚さとすることが望ましい。そして、開口部の寸法およびアスペクト比も、検査対象のコンタクトホールと同一とすることが望ましい。また、樹脂層の厚さは、例えば、数 $\mu\text{m}$ ~100 $\mu\text{m}$ 程度とすると良い。また、コンタクトホールの直径は、例えば、0.1 $\mu\text{m}$ ~0.5 $\mu\text{m}$ 程度とすると良い。なお、この樹脂層の材料および形成方法については、後述する。

【0052】次に、図2を参照して、第1の実施形態の標準試料の製造方法について説明する。図2の(A)~(C)は、標準試料の製造方法を説明するための断面工程図である。

【0053】標準試料の製造にあたっては、まず、表面を洗浄した支持基板10上に、所望の膜厚のシリコン酸化膜12を形成する(図2の(A))。酸化膜を設ける方法としては、例えば乾燥酸素を電気炉に導いて酸化する熱酸化法がある。この熱酸化方法によれば、まず、電気炉の温度を800℃から850℃程度の温度に保持し、数分から数十分の間、支持基板10を加熱する。この方法により数 $\text{\AA}$ ~数十 $\text{\AA}$ の厚さのシリコン酸化膜を、膜厚を $\text{\AA}$ 単位の精度で制御して成膜できる。特に、物質の脱出距離である、約80 $\text{\AA}$ 以下の厚さも容易に制御することができる。そして、形成されたシリコン酸化膜の厚さを、エリブソメトリー等の高精度の厚み測定手段に

10

20

30

40

50

よってA単位の精度で測定して確定する。

【0054】なお、シリコン酸化膜を形成するにあたっては、例えば、支持基板を水酸化アンモニウム溶液と過酸化水素水あるいは塩酸との混合液に漬け込み、基板表面に過酸化水素とシリコンの反応による酸化膜を形成しても良い。この方法によれば、酸化膜形成温度が前者に比較して大変低いので、±1Å程度の精度で酸化膜厚みをウエハー全面に均一に設けることが可能である。

【0055】次に、シリコン酸化膜の擬似残存膜12上に、感光性樹脂を塗布して、厚みが正確に制御された塗布膜13を形成する(図2の(B))。塗布にあたっては、例えばスピンコーティング法等の任意好適な方法を用いると良い。

【0056】感光性樹脂としては、例えば、ノボラック系樹脂、化学増幅レジスト、アクリル系樹脂、ゴム系樹脂、脂肪族共役ジエン、カルボン酸含有ポリアミド系樹脂、ポリビニルフェノール樹脂、ポリヒドロキシステレン樹脂、臭素化ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ポリカーボネートジオール変性ジカルボン酸樹脂、α, β不飽和カルボキシル基含有モノマー樹脂、ビニルピロリドンと酢酸ビニルからなる共重合体組成物、ポリベンゾオキサゾール樹脂、ポリテトラメチレングリコール変性ジカルボン酸樹脂、感光性ジアゾキノ化合物樹脂、ポリアミック酸化合物樹脂又はイミド系の樹脂を利用すると良い。

【0057】次に、塗布膜の一部分を選択的に硬化処理して、当該樹脂層14を貫通する開口部16を有する樹脂層14を形成する(図1の(C))。硬化処理にあたっては、まず、塗布膜13を、窒素パージされた80℃程度の温度のオープンにてプリベークする。次に、プリベークされた塗布膜13に対して、適切な量の紫外線露光を行う。そして、露光の結果生成された潜像を、適切な溶媒を用いて現像する。

【0058】なお、露光にあたっては、紫外線の代わりに電子線やX線などの高エネルギービームを照射しても良い。また、非常に微細なパターニングを行うので、レジストの表面や裏面に反射防止剤を用いると良い。

【0059】また、この標準試料では、硬化処理された感光性樹脂を構造体として利用するので、その長期に渡る寸法安定性が重要である。そこで、感光性樹脂の現像にあたっては、感光性樹脂の膨潤が小さい現像剤を用いることが望ましい。そのような現像材として、例えば、アルカリ性を示すTMAH (TETRA METHYL AMINE HYDROXIDE) 溶液、コリン等の第3、4級アミン化合物、ナフトキノンジアジド、1-メトキシ-2-プロパノール、または、必要によって界面活性剤を用いると良い。

【0060】そして、現像終了後、現像剤を、ジクロロメタン、テトラヒドロフラン、n-ペンタン、イソヘキサン、3-メチルペンタンとネオヘキサン、2, 3-ジメチルブタン、アセトン、エチルエーテルまたは乳酸メ

チル等で十分リンスする。リンス後、感光性樹脂を完全に硬化させるために、さらに120℃以上の温度にてポストベークを行い感光性樹脂を硬化させて樹脂層14を得る。

【0061】なお、必要に応じて高エネルギーの紫外線(300nm以下程度)を照射するUVハードニング、あるいは、短いプラズマ処理を行って、感光性樹脂表面を焼き付けて、現像後の樹脂層14をより強固な構造体とする。また、標準試料はウエハー上に一括して作製されるが、必要に応じてダイシングしてチップ状に小さく切断し、検査対象の隣に設置できるようにしても良い。

【0062】このようにして製造された標準試料を用いてコンタクトホールに残存膜厚を検査するため、擬似残存膜の厚みを、数Åから数百Åまで、数十Åステップで変えたシリコン酸化膜を有する標準試料をそれぞれ用意する。

【0063】そして、コンタクトホール検査用試料の開口部16に電子ビームを照射して、当該開口部16から放出される二次電子電流値と、当該開口部16の底面に形成された擬似残存膜12の膜厚とを対応づけた対照テーブルを作成する。対照テーブルに作成にあたっては、例えば、各擬似残存膜厚の標準試料を厚みの順番に検査を行い、結果を記録して、厚みと二次電子電流値との関係を決めておく。

【0064】ついで、検査対象のコンタクトホールに、標準試料と同一条件で、電子ビームを照射して、当該コンタクトホールから放出される二次電子電流を測定する。そして、コンタクトホールから放出された二次電子電流値に基づき、互いの検査結果を比較して、対照テーブルを参照して、当該コンタクトホールの底面に残存した残存膜の膜厚を評価する。

【0065】例えば、厚さ10Åの標準試料を検査装置にかけた場合の検査結果と、検査対象を測定した検査結果が等しい場合、検査対象のコンタクトホール底面に残っている残存膜の厚みは標準試料と同じと考えられ、厚さ10Åの膜がコンタクトホール底に残っているという定量的な検査結果を直接得ることができる。例えば、絶縁性の残存膜の場合、残存膜厚が増加に比例して、電子ビーム照射時の貫通電流値が減少する。

【0066】また、これらの測定や比較作業は大変高速性を必要とされるので、コンピュータ等の自動手段を利用することが望ましい。その場合、例えば、コンピュータが、検査試料の二次電子電流値に対応する残存膜厚を、対照テーブルから選択して読み出しようにすると良い。さらに、コンピュータに、残存膜厚に基づいて、コンタクトホールの良否の判定をさせても良い。

【0067】また、標準試料は、装置の変動の校正のために保存しておくことが望ましい。その場合、標準試料は、二次電子像のコントラストが表面状態に強く影響を受けるため、真空中かつ低温下で保管し、感光性樹脂の



劣化や酸化膜その他の膜が劣化しないようにすることが望ましい。

【0068】[第2の実施形態] 次に、図3を参照して、本発明の第2の実施形態について説明する。図3は、第2の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。図3に示すように、第2の実施形態の標準試料は、擬似残存膜12を、支持基板10上の一部分にのみ設け、当該擬似残存膜12の形成領域および非形成領域において、感光性樹脂にそれぞれ開口部16および16aをそれぞれ設けた構成としてある。この実施の形態では、いったん支持基板10上全面に擬似残存膜12を形成した後、パターニングして、支持基板10上に部分的に擬似残存膜を残している。

【0069】このようにすると、一つの標準試料で開口部の底面にシリコン酸化膜がある場合と無い場合の二つの状態が得られる。従って、この実施形態は、底面に酸化膜が残存しているコンタクトホールと、底面の酸化膜がきれいにエッチングにより除去されたコンタクトホールとの両者が形成されたデバイスを模擬した標準試料となる。その結果、一回の測定で両者の比較検査を行うことができる。このため、測定精度の向上を図ることができる。

【0070】また、大量生産される半導体デバイスにおいては、場所によってコンタクトホールがきれいにエッチングされていたり、残存膜があったりすることがある。本実施形態で示した標準試料は、コンタクトホールが完全に出てくる場所とそうでない場所の両方の標準となるため、より現実に近い検査結果比較ができる。

【0071】[第3の実施形態] 次に、図4を参照して、この発明の第3の実施形態について説明する。図4は、第3の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。図4に示すように、第3の実施形態の標準試料は、擬似残存膜20をシリコン酸化膜ではなく、シリコン窒化膜で形成してある点が、第1の実施形態の標準試料と異なる。なお、擬似残存膜20以外の構成は、第1の実施形態の形態と同じであるので、その詳細な説明を省略する。

【0072】シリコン窒化膜はシリコン酸化膜と比較して膜質が丈夫であり、かつ、吸湿性が小さい。その上、シリコン窒化膜は、空気中の酸素によって膜の成長が起こらないので保存に優れる。このため、擬似残存膜20をシリコン窒化膜で形成すれば、標準試料の保存性が良くなり、計測値を安定させることができる。なお、シリコン窒化膜の代わりに、ONO膜を用いることによって、標準試料の保存性の向上を図ることができる。

【0073】また、シリコン窒化膜の誘電率はシリコン酸化膜の誘電率よりも大きい。このため、シリコン酸化膜よりも薄い擬似残存膜を、シリコン窒化膜で等価的に設けることができる。その結果、シリコン酸化膜よりも、等価的に厚い残存膜を有する検査対象に相当する標

準試料を、シリコン窒化膜を用いて形成することができる場合がある。

【0074】[第4の実施形態] 次に、図5を参照して、この発明の第4の実施形態について説明する。図5は、第4の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。図5に示すように、第4の実施形態の標準試料は、擬似残存膜20を、シリコン酸化膜の代わりに、シリコン窒化膜とした構成としてある点を除いては、上述の第2の実施形態と同じである。

【0075】すなわち、支持基板10上に設けた厚みが既知のシリコン窒化膜20の一部分を開口し、支持基板10表面の剥き出した領域上にコンタクトホール16を設けた場合と、部分的に設けられた窒化膜領域20上にコンタクトホール16を設けた場合が一つの標準試料中に併存している。このような構成とすると、一つの標準試料中にコンタクトホール底にシリコン窒化膜20がある場合と無い場合の二種類のコンタクトホールを作ることが可能である。従って、シリコン窒化膜20が残存している標準試料と、シリコン窒化膜がきれいに除去されたコンタクトホールの形成された標準試料とを同時に与えることが可能である。このため、検査対象の検査結果を一つの標準試料から得られる二つの基準値（既知膜厚の擬似残存膜がある場合とない場合）の間にマッピングすることができる。

【0076】[第5の実施形態] 次に、図6を参照して、この発明の第5の実施形態について説明する。図6は、第5の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第5の実施の形態では、樹脂層（整合膜）22の誘電率を、検査対象のコンタクトホール被形成層の誘電率と等しくした構成としてある。そして、検査対象以外の構成は、上述の第1の実施形態と同じである。

【0077】感光性樹脂は誘電率が4～5程度である。一方、コンタクトホール被形成層の材料として一般に使用される絶縁膜のシリコン酸化膜やシリコン窒化膜などの誘電率は、これよりも小さい。そこで、樹脂層22の誘電率を調整して、検査対象の半導体デバイスのコンタクトホール被形成層の誘電率に等しくする。誘電率を下げるには、例えば、フッ素を含んだ樹脂を混入したり、あるいは、フッ素を側鎖に含む感光性樹脂を混入すると良い。また、アクリル系、シリコン系その他の低い誘電率を有する材料を混入しても良い。

【0078】樹脂が感光性を持ち続ける範囲でこれらの誘電率を調整するための変性が行えることが望ましいが、感光性樹脂の感光性が失われた場合には、次のようにして樹脂層に開口部を形成すると良い。先ず、コンタクトホールを形成する第1の樹脂（樹脂層22）の上に、さらに第2の感光性樹脂を塗布してパターニングを行う。次に第2の感光性樹脂パターン（図示せず）をマスクとして、第1の樹脂層をエッチングして除去する。



次に、第2の感光性樹脂パターンを取り除き第1の樹脂に形成された開口部を得る。

【0079】なお、一般に、シリコン酸化膜等の擬似残存膜と樹脂層とは、現像液に対する反応性が大きく異なる。このため、第1の樹脂のパターニングは容易に実行できる。また、別の低誘電率化法としては、感光性樹脂の中に細かい空間を設けて発砲スチロールのような状態、あるいは中空状態とし、見かけの誘電率を低下させることも有効である。

【0080】このようにすれば、樹脂層の電気特性が、実際のコンタクトホール被形成層の電気特性により近づく。その結果、二次電子に対する樹脂層の影響を、実際のコンタクトホールからの影響に近づけることができる。このため、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0081】なお、樹脂層の誘電率は、検査対象のコンタクトホール被形成層の誘電率に合わせて、低くすることも高くすることも可能である。また、電気的特性として、誘電率のほかに、樹脂層の二次電子放出比および熱膨張率も、実際の試料の値と等しくすることが望ましい。

【0082】〔第6の実施形態〕次に、図7を参照して、この発明の第6の実施形態について説明する。図7は、第6の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第6の実施の形態では、支持基板10に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持基板に形成された不純物拡散層と、不純物種類および不純物濃度が同一の不純物拡散層24を設けた構成としてある。なお、支持基板10以外の構成は、第1の実施形態と同じである。

【0083】一般に、デバイスの形成された基板表面にはホウ素(B)やリン(P)あるいはヒ素(As)等の不純物が拡散されている。そこで、本実施形態では支持基板10表面に実際のデバイスで用いられる拡散層と同じ拡散層24を形成し、その上に開口部16を有する樹脂層14を形成している。拡散層24の厚さは、検査対象に合わせて、例えば、数nm～数μmとすると良い。また、拡散層24の不純物濃度も、検査対象に合わせた値とすると良い。

【0084】このような構成としたので、検査対象の半導体デバイスの支持基板に不純物拡散層が設けられていても、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0085】〔第7の実施形態〕次に、図8を参照して、この発明の第7の実施形態について説明する。図8は、第7の実施形態の標準試料の構成を説明するための

要部断面図である。第7の実施の形態では、支持基板10の一部分に、検査対象のコンタクトホール底面に露出すべき支持基板に形成されたウエルと、不純物種類および不純物濃度が同一のウエル26を設けた構成としてある。また、ウエル26の不純物種類は、検査対象に合わせて、例えば、P、AsまたはBとすると良い。また、ウエル26の深さも、検査対象に合わせて、例えば、数千Å～数μmとすると良い。また、ウエル26の不純物濃度も、検査対象に合わせた値とすると良い。なお、ウエル26を設けた点以外の構成は、上述した第1の実施形態の構成と同じである。

【0086】本実施形態では支持基板10表面にNPNトランジスタとPNPトランジスタを同時に作る、相補型のトランジスタ回路を形成するとき用いられるウエル26を設けている。一般に、半導体装置は複数の電氣的に独立したトランジスタを含みそれぞれを電氣的に接続した回路から構成されている。そのため、各トランジスタは互いに電氣的に独立している必要がある。このため、通常トランジスタのソース、ドレインあるいはゲート上に設けられるコンタクトホールは、同一基板上で互いに電氣的に独立した異なった伝導性を有する不純物拡散層やウエルどうし間の電氣的導通を取るために設けられることが多い。

【0087】従って、本実施形態のように、複数の不純物拡散領域を有したコンタクトホール構造を作ることによってウエル構造を模擬し、より現実のデバイスに近い電気特性を有したコンタクトホール検査用の標準試料とすることができる。もちろん、検査対象が多重ウエル構造をしている場合には標準試料も多重ウエル構造とすると良い。

【0088】このような構成としたので、検査対象の半導体デバイスにおいて支持基板のコンタクトホールの直下にウエルが設けられている場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0089】〔第8の実施形態〕次に、図9を参照して、この発明の第8の実施形態について説明する。図9は、第8の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第9の実施の形態では、支持基板を、SOI(シリコン・オン・インシュレータ)基板28としている。なお、支持基板28以外の構成は、上述した第1の実施形態の構成と同じである。

【0090】SOI基板は、デバイス的高速化や微細加工に伴う隣接素子同士のクロストークを低減するために、近年半導体デバイスに採用されるようになり、特に、高速のDRAMやプロセッサに利用されている。SOI基板28は、通常の単結晶基板とは異なり、活性層30と呼ばれる非常に薄い表面のシリコン薄膜を深さ

10

20

30

40

50

方向に電氣的に絶縁する絶縁膜32（ここではシリコン酸化膜）を有している。このため、SOI基板では、基板表面から基板裏面に直流的には電気が流れず、内部に絶縁膜のない通常の基板とは電氣的特性が異なっている。また、一般的には、活性層30を構成する半導体基板の種類や不純物濃度は、絶縁膜32の下部の基板部分と大きく異なり、その電氣的性質は両者で全く違うのが普通である。

【0091】そこで、本実施形態では支持基板として検査対象と同じSOI基板を利用し、その上にコンタクトホールを感光性樹脂にて形成している。また、活性層30の厚さは、検査対象に合わせて、例えば数千Å～数μm程度とすると良い。また、絶縁膜32の厚さも、検査対象に合わせて、例えば数千Å～数μm程度とすると良い。また、支持基板自体の極性は、検査対象と同じ、P型N型いずれでも良い。また、支持基板の不純物濃度も、検査対象に合わせて、例えば $10^{14} \sim 10^{15}$ 原子/cm<sup>3</sup>程度とすると良い。なお、SOIの絶縁膜、活性層および支持基板の不純物極性および濃度は、検査対象のデバイスと同じ材料および膜厚のものを利用することが望ましい。

【0092】このような構成としたので、検査対象の半導体デバイスの支持基板がSOI基板である場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0093】[第9の実施形態] 次に、図10を参照して、この発明の第9の実施形態について説明する。図10は、第9の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第9の実施形態では、支持基板10の裏面に、シリコン酸化膜の裏面絶縁膜34を設けた構成としてある。裏面絶縁膜の膜厚は、検査対象に合わせて、例えば、数千Å～数μmとすると良い。なお、裏面絶縁膜34を設けた点以外の構成は、上述した第1の実施形態の構成と同じである。

【0094】一般に、測定対象となる半導体デバイスは支持基板（例えばシリコン基板）の両面のうちの一方の表面に作られる。しかし、ウェハ自身は1つのチャンパーの中で処理されるため、ウェハの両面に同じ膜が形成されることが多い。この裏面側の膜は、本来は不要である。このため、裏面に形成された膜を除去することもある。しかし、通常はコスト削減のため、あるいは意図的に、表面プロセスで形成された薄膜構造を裏面絶縁膜として残す場合が多い。

【0095】この場合、検査装置によって基板表面に当てられた電子ビームによる電流は基板を通過した後、一旦基板裏面の酸化膜で遮られる。このため、基板表面に導入された電子ビームは、基板裏面に直流電流として流れない。その結果、裏面絶縁膜を有する支持基板は、裏

面絶縁膜が無いものとは異なった電氣特性を有する。そのため、裏面絶縁膜のない標準試料を用いると、裏面絶縁膜を有する検査対象の検査結果が正確でなくなる場合が生じる。

【0096】そこで、本実施形態では支持基板10の裏面に被測定デバイスに設けられている裏面絶縁膜と同じ裏面絶縁膜34を設けて、その構造を正確に模擬し、両者の差が生じない工夫をしている。裏面絶縁膜34の厚みおよび材料は測定対照の半導体デバイスに設けられている裏面絶縁膜と同じにすることが望ましい。また、試作デバイスの中には裏面絶縁膜だけでなくその下部に他の導電性膜を有した複合膜と成っていることがあるが、そのような場合にはその構造と同じ複合膜構造を標準試料裏面に設けて標準試料とすることが望ましい。

【0097】このように、支持基板10の裏面に裏面絶縁膜34を設けたので、検査対象の半導体デバイスに裏面絶縁膜が設けられている場合でも、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。その結果、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0098】[第10の実施形態] 次に、図11を参照して、この発明の第10の実施形態について説明する。図11の(A)は、第10の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。また、図11の(B)は、標準試料の平面図である。図11の(A)は、図11の(B)のA-Aに沿った部分の切り口に相当する。

【0099】第10の実施形態では、開口部16の平面分布密度が互いに異なるように、複数の開口部16を樹脂層14に不均一に配置した構成としてある。なお、開口部16の分布以外の構成については、上述した第1の実施形態の構成と同じである。

【0100】本実施形態では、樹脂層14に設けた開口部16の配置位置を均一ではなく、場所によって不均一にしている。実際のデバイスでは、DRAMなど同一のセルを多数並べたアレイ部を除けば全く均一にコンタクトホールが設けられている領域は少なく、デバイス上の場所によってその配置密度が異なる。コンタクトホールの配置密度が異なると、検査中に基板に照射している電子ビームが基板を通過する際に生じる電氣抵抗がデバイスの場所によって異なってくる。このため、検査結果が配置密度に依存して、同一検査を行っても得られる検査結果が異なってくる可能性がある。

【0101】そこで、本実施形態では標準試料中の場所によってコンタクトホールの形成されている密度を変化させ、実際のデバイスにおけるコンタクトホール密度の違いによる検査結果の違いが反映できるようにしている。従って、実際の検査に於いては、被検査デバイスの持つコンタクトホール形成密度と同じようなコンタクト

ホール密度を持つ場所を標準試料の中から選び検査を行う。

【0102】このように、種々の平面分布密度で開口部16を設けてあるので、検査対象のコンタクトホールの平面分布密度と同じ分布密度の開口部16を選択して標準試料のコントラストとすることができる。その結果、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールのコントラストにより近づけることができる。このため、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0103】[第11の実施形態] 次に、図12を参照して、この発明の第11の実施形態について説明する。図12は、第11の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第11の実施形態では、樹脂層14に、互いに異なるアスペクト比を有する複数の開口部を設けた構成としてある。アスペクト比としては、例えば2~20程度の範囲で種々の値のものを設けると良い。なお、開口部のアスペクト比以外の構成については、上述した第1の実施形態の構成と同じである。また、図12では、複数の開口部のうち、二つの開口部16bおよび16cを代表して示す。

【0104】測定対象の半導体デバイスに設けられるコンタクトホールは、DRAMのように同一の穴径の物が数多く並ぶ場合もあるが、一般に、異なった穴径のコンタクトホールが混在することが多い。例えば、周辺に設けられた記憶セルを制御するアドレスを発生する回路では、そのドライバー部分のトランジスタにより多くの電流を流すため、異なった穴径のものが多数存在し、異なった穴径のコンタクトホールが混在することが多い。また、例えば、ロジック系では、それぞれのブロック毎に流す電流量が異なるため、殆どのコンタクトホールの穴径が異なっている。

【0105】コンタクトホールの穴径が異なると、検査の際に1つの穴に注入される電子ビーム量、あるいは穴から放出される2次電子の量が異なってくる。このため、同じコンタクトホール底の残存絶縁膜を持つ資料に対して、同一の検査を行っても必ずしも同一の検査結果を与えるとは限らず、一般的に、異なった検査結果が得られる。

【0106】本実施形態はそのことをシミュレートするための標準試料である。本実施形態では種々のアスペクトレシオを持つ同一残存膜厚みを有するコンタクトホールを数多く用意しているので、試作デバイスの実情に合ったアスペクトレシオのコンタクトホール標準が示す、検査結果を用いて比較検査することが可能となる。従って、従来事実上不可能であった、アスペクトレシオの異なるコンタクトホールが混在する試料における定量的な検査が可能となる。

【0107】[第12の実施形態] 次に、図13を参照して、この発明の第12の実施形態について説明する。

図13は、第12の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第12の実施形態では、コンタクトホール検査用標準試料ごとに、樹脂層14の層厚が異なる構成としてある。また、一つの標準試料中に形成される開口部の直径を異ならせることにより、開口部に、複数のアスペクト比を与えることができる。樹脂層の厚さとしては、例えば、0、5 $\mu$ m~2 $\mu$ m程度の範囲の種々の値のものを用意すると良い。なお、樹脂層の層厚以外の構成については、上述した第11の実施形態の構成と同じである。また、図13では、一つの標準試料を代表で示し、さらに、その標準試料中の複数の開口部のうち、開口部16dおよび16eを代表して示す。

【0108】実際に試作されるデバイスに形成されるコンタクトホールは、種々のアスペクト比を有している。さらに、本実施形態では、コンタクトホールの形成される樹脂層の高さを制御して、標準試料どうしてコンタクトホールのアスペクト比を変化させている。このようにすると、種々のアスペクト比を有するコンタクトホールを一枚のマスクから製造することが可能である。このため、高価なマスクを何枚も作製せずに種々のアスペクトレシオを有したコンタクトホールを実現できる。このように感光性樹脂の高さを変えた標準試料を種々用意しておくことにより、どのようなアスペクトレシオの試料に対しても容易に対応できる。

【0109】[第13の実施形態] 次に、図14を参照して、この発明の第13の実施形態について説明する。図14は、第13の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第13の実施形態では、支持基板10と擬似残存膜12との間に導電性膜としての金属層36を設けた構成としてある。金属層36の層厚は、検査対象に合わせて、例えば、数百Å~数 $\mu$ m程度とすると良い。なお、金属層36を設けた点以外の構成については、上述した第1の実施形態の構成と同じである。

【0110】この実施形態の標準試料では、金属配線上に設けられたコンタクトホールを模擬している。コンタクトホールにはビアホールといって金属等配線間の導通を取るためのコンタクトホールが存在する。これらビアホールは絶縁体を介して上下にある金属配線を電気的に接続する。支持基板10上に金属層36を設け、その上に膜厚既知の擬似残存膜12を設ける。このような構成とすると、多層配線構造におけるコンタクトホール検査用標準試料とすることができる。

【0111】なお、導電性材料としては、例えば、シリコン、ポリシリコン、アルミニウム(Al)、銅(Cu)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、コバルト(Co)、金(Au)、白金(Pt)、チタン(Ti)、P-Siなどのシリサイドまたはサリサイドその他の半導体製造で使われる任意好適な材料を利用するこ

とができる。

【0112】このように、金属層36を設けてあるので、標準試料の二次電子像におけるコントラストを、同一厚さの残存膜を有する実際のコンタクトホールコントラストにより近づけることができる。このため、より正確に残存膜厚を評価することができる。

【0113】[第14の実施形態]次に、図15を参照して、この発明の第14の実施形態について説明する。図15は、第14の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第14の実施の形態では、金属層36上に、擬似残存膜として、窒化チタン(TiN)膜38を設けた構成としてある。TiN膜38の厚さは、例えば数百Å〜数千Åとすると良い。なお、TiN膜38を設けた点以外の構成については、上述した第13の実施形態の構成と同じである。

【0114】この実施形態では、配線上に最近設けることが多かったTiN膜を設け、その上に、開口部16を有する樹脂層14を設けている。このような構成とすると、多層配線膜コンタクトホール形成エッチング後に配線上に設けたTiN膜がオーバーエッチングされたか否かを電子ビーム検査装置にて検査することができる。なお、TiN膜は、拡散防止層、下地との密着改善、または、リソグラフィの際のハレーション防止層として利用される。また、TiN膜の代わりに、同様の働きをするものとして、SiON膜を設けても良い。

【0115】[第15の実施形態]次に、図16を参照して、この発明の第15の実施形態について説明する。図16は、第15の実施形態の標準試料の構成を説明するための要部断面図である。第15の実施の形態では、樹脂層14の下に、膜厚既知のフルオロカーボン膜40を設けた構成としてある。フルオロカーボン膜40の膜厚は、例えば、200Å程度以下とすると良い。また、フルオロカーボン膜40を設けないものも標準試料とすることが望ましい。なお、フルオロカーボン膜40を設けた点以外の構成については、上述した第13の実施形態の構成と同じである。

【0116】コンタクトホールを形成するためにRIEを用いてエッチングを行うと、コンタクトホール内壁および底に膜厚が未知のフルオロカーボン重合膜が形成される。これらの膜厚はエッチングの特性を支配する。このため、その厚みを正確に計測することは重要である。

【0117】そこで、この実施形態では、フルオロカーボン重合膜厚を測定可能とする標準試料を得るため、既知膜厚のフルオロカーボン膜40を樹脂層14の直下に設ける。すなわち、支持基板10上に、金属層36を設け、さらに、擬似残存膜としてのTiN膜38およびフルオロカーボン膜40を順次に積層した構成としてある。

【0118】そして、種々のフルオロカーボン重合膜厚に相当する標準試料と、実際に被測定デバイスのエッ

ティング終了直後のコンタクトホールとの電子ビーム検査によるコントラストを比較することにより、検査対象デバイスのコンタクトホール底にあるフルオロカーボン重合膜の厚みの測定、あるいはその下に残っている残存膜の厚みを定量的に測定することが可能となる。

【0119】なお、TiN上以外の材料上にもRIEの後にはフルオロカーボン重合物がコンタクトホール内部に付着することが知られているので、そのような場合は、検査対象をエッチングした際に露出する材料表面にフルオロカーボン膜を設けた構造の標準試料を用いることが望ましい。

【0120】上述した実施形態においては、この発明を特定の条件で構成した例について説明したが、この発明は、種々の変更を行うことができる。例えば、上述した実施形態においては、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜などの特定の材料で擬似残存膜を形成した例について説明したが、この発明では、擬似残存膜の材料は、これらに限定されない。例えば、擬似残存膜として、TiN膜、Ta<sub>2</sub>N<sub>5</sub>膜、ONO膜、SiON膜、SOG(スピノングラス)膜、シリカ系の無機膜、シリカ系の有機膜または強誘電体膜を形成しても良い。

【0121】また、擬似残存膜の材料として、例えば配線材料に用いられる金属を用いても良い。そのような金属としては、例えばチタン(Ti)、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、アルミニウム(Al)、金(Au)、白金(Pt)、コバルト(Co)およびイリジウム(Ir)が挙げられる。また、擬似残存膜の材料としては、このほかに、これら金属の酸化物、シリサイド、それらの酸化物、金属間化合物、有機材料、酸化物超伝導材料その他の、半導体デバイスに使用される任意の材料を利用することができる。

【0122】また、上述した実施形態では、擬似残存膜を熱酸化法により形成した例について説明したが、この発明では、擬似残存膜を例えばランプアニール法など任意好適な方法で形成すると良い。また、上述した実施形態においては、二次電子電流値を検出し、二次電子像のコントラストを比較する例について説明したが、この発明では、貫通電流値を比較しても良い。

【0123】また、上述した実施形態では特定の材料およびそれらの組み合わせについて述べたが、その範囲に留まることなく、半導体製造工程で使用されるあらゆる材料を適用することができるのは述べるまでもない。それらの組み合わせによるデータをとることにより半導体プロセス上で現れる種々の材料が同時に存在する例えば、酸化膜とフルオロカーボン膜が同時に存在する複合状態の場合の膜厚測定なども可能となる。配線材料が酸化したり、他の薬品にて変質した場合に生じる材料を膜厚既知の状態で作製して標準試料とすれば、配線等の不具合の定量的把握もその場である。

【0124】また、感光性樹脂で作製されるコンタクト

ホールの設けられる支持基板には検査対象の持つ構造とできる限り同じ物を用いることが効果的であり、コンタクトホールが形成される検査対象の内何枚かを全て絶縁膜を取った状態とし、その上に厚みの既知の絶縁膜を成長させた後に、感光性樹脂によるコンタクトホールを設けると、より完全な標準試料に近づく。

【0125】また、複合膜が対象とされる場合にも、厚みが既知の複合膜を標準とすることで検査対象のコンタクトホール底にある膜厚みを推定することができる。

【0126】

【発明の効果】従来は、実際のデバイスの断面TEM像を取るしか、コンタクトホールの残存各圧を測定する実用的な方法が事実上なかったが、この発明によれば、支持基板上に、既知膜厚の擬似残存膜を形成し、その上に、コンタクトホールに相当する開口部を有する樹脂を設ける。このようにして、既知厚みの擬似残存膜を底面に有する擬似コンタクトホール構造としての標準試料を容易に製造することができる。その結果、この標準試料と検査対象を同一の電子ビーム検査を通して比較するだけで検査対象の残存絶縁膜の量を定量的に知ることができる。

【0127】そして、本発明の検査方法を用いると、従来必要であった断面TEM観察およびその観察のための試料作製に要した時間が不要となり、残存膜厚測定の短時間化を図ることができる。

【0128】このため、デバイス試作が行われている現場で、コンタクトホール底に残存している残存膜の正確な厚みを測定することが可能となり、デバイスの良否を定量的に判断可能となる。現場で容易に検査できるので、デバイス不良の発生時機をいち早く知ることが可能となり、従来もたらされていた大きな製造損失を小さくすることができる。

【0129】また、TEMを用いずに検査可能であるため、大量のコンタクトホールについて残存膜厚を迅速に検査できる。また、コンタクトホール底に残存している膜厚みを定量的に連続値測定できるので、不良に至るまでのプロセスの変動やエッチング装置の不具合等を早期に発見でき大事故の未然防止を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図2】第1の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の製造方法を説明するための要部断面工程図である。

【図3】第2の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図4】第3の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図5】第4の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図6】第5の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図7】第6の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図8】第7の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図9】第8の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図10】第9の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図11】第10の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図12】第11の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図13】第12の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図14】第13の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

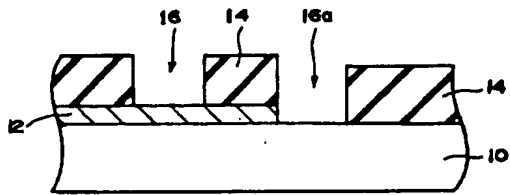
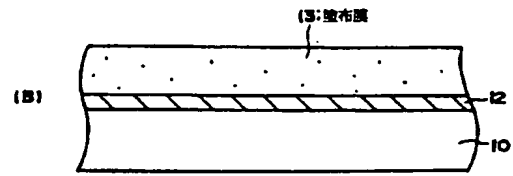
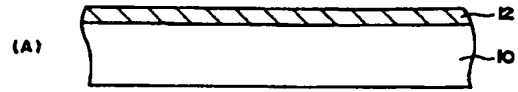
【図15】第14の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図16】検査対象のコンタクトホールの構成を説明するための要部断面図である。

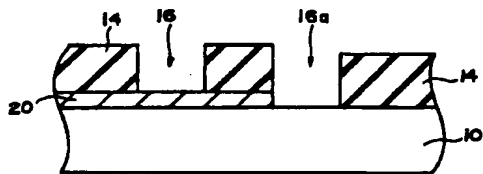
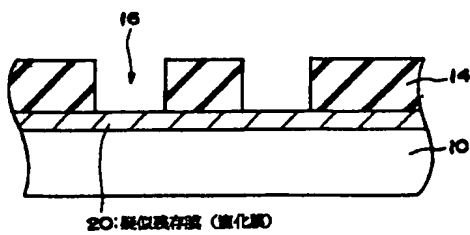
【符号の説明】

- 10 支持基板
- 12 擬似残存膜（シリコン酸化膜）
- 13 塗布膜
- 14 樹脂層
- 16、16a、16b、16c、16d、16e 開口部
- 18 底面
- 20 擬似残存膜（シリコン窒化膜）
- 22 擬似残存膜（整合膜）
- 24 拡散層
- 26 ウエル
- 28 SOI基板
- 30 活性層
- 32 絶縁膜
- 34 裏面絶縁膜
- 36 金属層
- 38 TiN膜
- 40 フルオロカーボン膜
- 42 コンタクトホール
- 44 底面

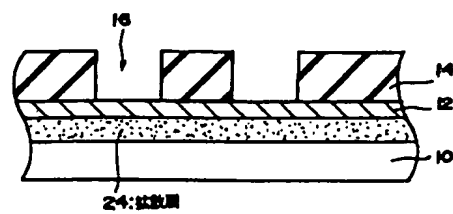
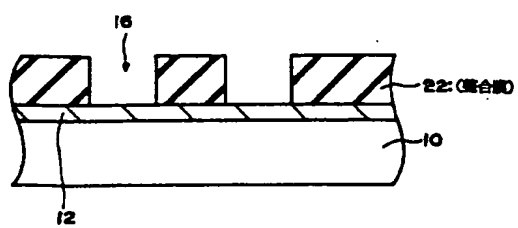
【图2】



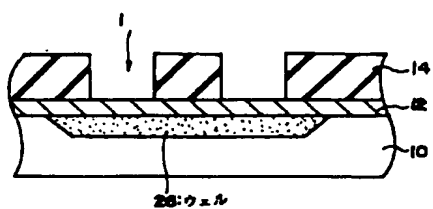
【图5】



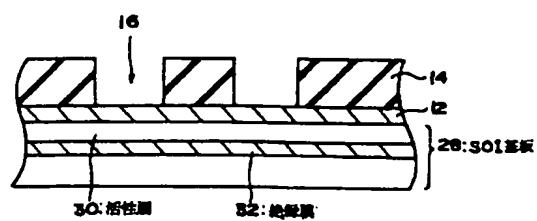
【図 6】



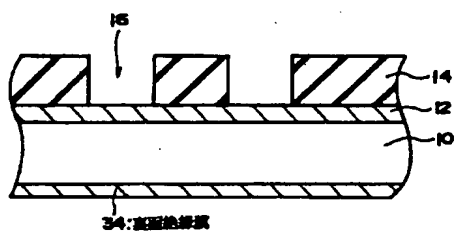
【図8】



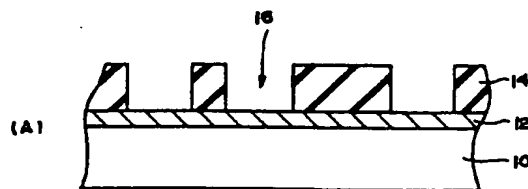
【図9】



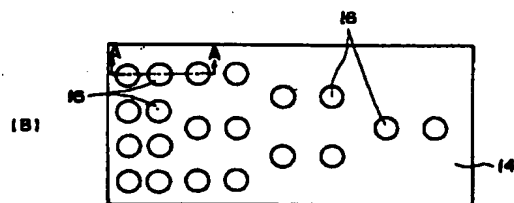
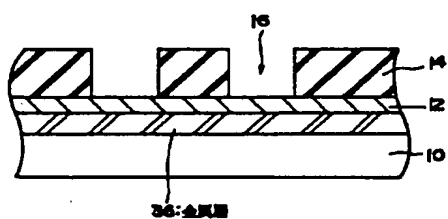
【図10】



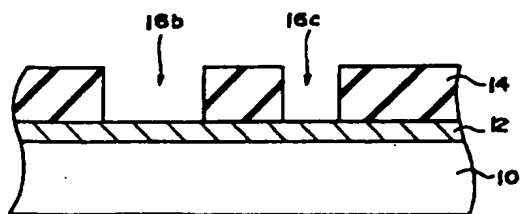
【図11】



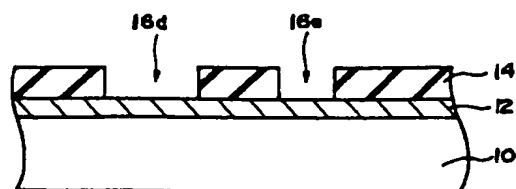
【図14】



【図12】

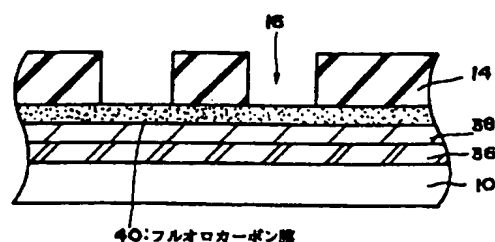


【図13】

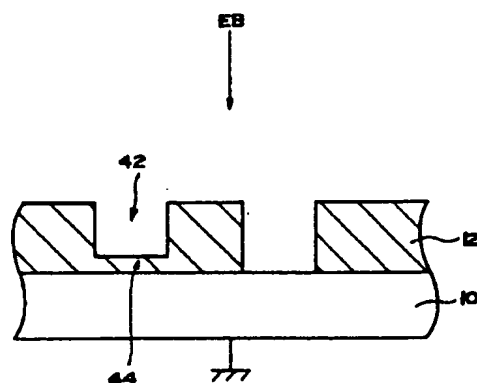




【图 16】



【图 17】



【提出日】平成10年12月2日（1998. 12. 2）

【図面の簡単な説明】

【図5】第4の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図13】第12の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図であ

る。

【図14】第13の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図15】第14の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図16】第15の実施形態におけるコンタクトホール検査用標準試料の構成を説明するための要部断面図である。

【図17】検査対象のコンタクトホールの構成を説明するための要部断面図である。

【符号の説明】

- 10 支持基板
- 12 擬似残存膜（シリコン酸化膜）
- 13 塗布膜
- 14 樹脂層

\*

\* 16、16a、16b、16c、16d、16e 開口部

- 18 底面
- 20 擬似残存膜（シリコン窒化膜）
- 22 擬似残存膜（整合膜）
- 24 拡散層
- 26 ウエル
- 28 SOI基板
- 30 活性層
- 32 絶縁膜
- 34 裏面絶縁膜
- 36 金属層
- 38 TiN膜
- 40 フルオロカーボン膜
- 42 コンタクトホール
- 44 底面

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

H01L 21/90

テーム(参考)

C

Fターム(参考) 4M104 AA01 AA09 BB01 BB02 BB04  
BB06 BB09 BB14 BB16 BB18  
BB22 BB30 CC01 DD07 DD08  
DD16 DD17 DD18 DD19 DD20  
DD63 DD65 DD79 EE02 EE08  
EE12 EE14 EE15 EE17 EE18  
HH20  
4M106 AA07 AA10 AB17 BA02 CA48  
DH03 DH24 DH33 DJ18  
5F004 AA09 BB01 CB05 CB14 EA21  
EA26 EB01  
5F033 GG04 HH01 HH03 HH04 HH07  
HH08 HH11 HH13 HH15 HH18  
HH19 HH20 HH25 HH31 HH33  
KK01 KK04 KK07 KK08 KK11  
KK13 KK15 KK18 KK19 KK20  
KK25 KK32 KK33 NN34 QQ06  
QQ09 QQ13 QQ37 QQ39 QQ74  
QQ76 QQ81 QQ82 QQ84 RR01  
RR04 RR06 RR08 RR09 RR11  
RR21 RR22 RR23 RR24 RR25  
RR27 RR29 SS25 SS27 SS30  
TT01 WW01 XX34 XX37